J. H. JEANS

EOS

CZYLI

GRANICE ASTRONOMJI

P.

2



Sir J. H. Jeans.

E O S

CZYLI

GRANICE ASTRONOMJI

J. H. JEANS

EOS

CZYLI

GRANICE ASTRONOMJI

przekład

JANINY SUJKOWSKIEJ

przejrzał

BRUNO WINAWER

WARSZAWA

BIBLJOTEKA GROSZOWA

Zakł. Graf. „Drukarnia Bankowa",
Warszawa, Moniuszki 11.

SPIS ILUSTRACYJ

Przy str.

TABL. I. — Mgławica spiralna Wielkiej Niedźwiedzicy (M. 81). Typowa mgławica spiralna . . . 24

TABL. II. — Dwa wczesne stadja transformacji mgławicy . . . 40

Fig. 1. Prawidłowo ukształtowana mgławica. (N. G. C. 3115).

Fig. 2. Prawidłowo ukształtowana mgławica (N. G. C. 4594) z pierścieniem ciemnej materji, otaczającej równik.

TABL. III. — Późniejsze stadjum transformacji mgławicy . . . 56

Fig. 3. Mgławica spiralna (N. G. C. 891) widziana zboku.

TABL. IV. — Mgławica spiralna, widziana zgóry. . . . 72

Fig. 4. Mgławica spiralna (N. G. C. 7217).

TABL. V. — Mgławica gwiazdowa — prawdopodobny koniec mgławicy spiralnej 88

Fig. 5. Nubecula Major (Wielki Obłok Magelana).

TABL. VI. — Mgławice które wskazują, w jaki sposób planety mogły się narodzić ze słońca, wskutek przyciągania przechodzącej blisko gwiazdy . . . 104

Fig. 6. Mgławice bliźniacze (4495 — 4401) działające przyciągająco jedna na drugą.

Klisze I, II, III, IV i VI z obserwatorjum na Mount Wilson.

Klisza V — mapa Franklina-Adamsa.

JAMES HOPWOOD JEANS, F. R. S.

„Bibljoteka Groszowa" powierzyła mi zadanie miłe, wdzięczne, ale trudne. Mam w kilku słowach przedstawić czytelnikowi polskiemu jednego z najświetniejszych dziś mistrzów wiedzy ścisłej, fizyka, matematyka i astronoma, sira J. H. Jeansa, a zarazem w zwięzłych zdaniach zamknąć mój podziw dla jego przepięknej książeczki o „granicach kosmogonji".

Możemy sobie wyobrazić „od biedy", co robi chemik, fizyk w laboratorjum, nad czem pracuje bakterjolog. Ale o astronomji mamy pojęcia dość mętne. Rzad-

ko podnosimy oczy do gwiazd, przechodzimy wieczorem obojętnie pod pomnikiem Kopernika i nie zdajemy sobie sprawy z tego, co się właściwie stało przed trzema wiekami, kiedy Kopernik, Kepler, Galileusz, Newton zdetronizowali ziemię, wykazali, że jest pyłkiem w przestrzeni i... odkryli wszechświat.

Trzeba było bezkresy myślą przemierzyć, otchłanie czasu wypełnić, z kilku nikłych telegramów świetlnych, z kilku „depesz szyfrowanych" odgadnąć plany i budować światopoglądy.

Ze wszystkich obserwatorjów i laboratorjów na ziemi ruszyły dzielne falangi na podbój ko-

smosu. Fizyk sprzymierzył się z astronomem, powstały przedziwne aparaty, zdumiewające metody, rozwinęły się nowe gałęzie wiedzy (astrofizyka).

Trudno tu wymieniać długą listę nazwisk świetnych i pomysłów genjalnych.

Każde wielkie odkrycie z zakresu fizyki (analiza spektralna, prawa termodynamiki, teorja elektronowa, teorja Einsteina, aparaty Michelsona) posuwała sprawę o krok i wreszcie... jakoś tam sobie poradziliśmy z ogromem zadania.

Dziś czytamy wcale nieźle w olbrzymich foljałach wieczystych, chociaż — jeżeli zastosujemy skalę

właściwą — glob nasz jest w nich zaledwie małą kropką nad najmniejszą literą i.

Sir James Hopwood Jeans jest wśród ludzi żyjących jednym z najlepszych takich „czytelników".

Urodził się w roku 1877 w Londynie, był profesorem matematyki na uniwersytecie w Princeton i pierwsze triumfy święcił jako fizyk-teoretyk. Pisał o teorji kinetycznej gazów, o prawie Maxwella, o kwantach.

Ale największy i najbardziej zasłużony rozgłos zdobył sobie wtedy, kiedy wyniki badań i dociekań laboratoryjnych nad drobinami i atomami przeniósł na rojowisko ciał niebieskich, rozsianych we wszechświecie.

JAMES HOPWOOD JEANS, F. R. S.

Jego prace o mgławicach spiralnych, o gwiazdach podwójnych, o „karłach i olbrzymach" w kosmosie, o źródłach energji, o kosmogonji, należą do czynów najgenjalniejszych, na jakie się nauka współczesna zdobyła.

W tej książce znakomity astronom streszcza swoje prace i mówi o dalszych „widokach na przyszłość". Zakreśla granice poznania, opowiada o narodzinach i o śmierci światów.

Jeans — powiedzmy krótko — pisze cudownie. Mówi o rzeczach zawiłych i trudnych, ale wykład przeplata porównaniami tak prostemi, tak uderzająco trafnemi, precyzyjnemi, że obraz pozostaje w pamięci na długo.

Rozdziały o „niemowlęcym wieku" ludzkości albo o „roztapianiu się wszechświata" są chyba najpiękniejszym wzorem umiejętnej popularyzacji.

Czytelnik słyszy doprawdy „szum wielkich skrzydeł", czuje, że to mówi człowiek genjalny.

Jeansa należy studjować z tem samem namaszczeniem i skupieniem, z jakiem praojcowie nasi studjowali traktat Leonarda da Vinci o malarstwie.

BRUNO WINAWER

SŁOWO WSTĘPNE.

Książeczka*) niniejsza zawiera prelekcję, wygłoszoną w Royal Society of Arts 7-go marca 1928 roku, rozszerzoną do podwójnej objętości przez to, co chciałem powiedzieć a na co mi wtedy zabrakło czasu i uzupełnioną fragmentem wcześniejszego odczytu p. t.: „Ostatnie zdobycze fizyki kosmicznej", wygłoszone-

*) Książka Jeansa ukazała się w cyklu wydawnictw „To-day and To-morrow", w których wybitni uczeni piszą o przyszłości tej lub owej dziedziny badań. Tytuł dziełka brzmi w oryginale: „Eos or the Wider Aspects of Cosmogony".

go w uniwersytecie londyńskim 9-go listopada 1926 roku. Przy okazji dziękuję Royal Society o Arts jak również wydawcy „Nature", na ktorej łamach moje wykłady ukazały się po raz pierwszy w druku, za pozwolenie opublikowania ich w niniejszem wydawnictwie.

Wydawnictwo „Dziś i Jutro" wsławiło się utworami, w których podziwialiśmy polot i fantazję. Moja praca obecna ogranicza się tylko do faktów naukowych i do wniosków, jakie można z nich wyciągnąć. Na szczęście astronomja jest nauką, w której ścisła prawda jest dziwniejsza od rzeczy fantastycznych i w której

wyobraźnia pracuje niezmordowanie, bez wytchnienia poza rzeczywistością. Tu nie można poprzestać na suchej prozie, choćby się nawet chciało.

J. H. JEANS

DORKING.

12-go maja, 1928 roku.

EOS

Zainteresowanie kosmogonją naukową datuje się stosunkowo od bardzo niedawna. Antropologowie i geologowie uczą że człowiek istnieje na ziemi mniej więcej 300,000 lat. Taka przestrzeń czasu dzieli nas od naszych małpich przodków. Pomiędzy nimi i nami urodziło się i umarło około 10,000 pokoleń ludzi, których większość zastanawiała się prawdopodobnie nad sensem bytu i porządkiem wszechświata.

Z tych 10,000 pokoleń pierwsze 9,990 uważało ziemię za niewątpliwe centrum, a życie ziemskie — za fakt centralny wszechświata. Jak przystało majestatowi i godności siedliska człowieka, ziemia tkwiła nieruchomo

w przestrzeni, poczas gdy strop niebieski obracał się naokoło niej okrywając ją, jak kopuła obserwatorjum osłania teleskop. Kopuła była przezornie usiana gwiazdami poto, aby ziemia, środek wszechświata, nie tonęła nocą w mroku. Dopiero ostatnie dziesięć pokoleń ludzkich ujrzało zagadkę bytu w mniej więcej właściwej perspektywie astronomicznej.

STANOWISKO CZŁOWIEKA WE WSZECHŚWIECIE.

Całkowity wiek ziemi jest daleko sędziwszy niż owe 300,000 (mniej więcej) lat istnienia człowieka. Dane geologiczne, a w szczególności radjoaktywność skał wskazują na jakieś 2,000 miljonów lat, to znaczy wiek rasy ludzkiej, pomnożony przez kilka tysięcy. Stara matka Ziemia musi

uważać człowieka za bardzo nowe zjawisko. Dwunogi szkodnik zaledwie zaczął wwiercać się w jej wnętrze, palić jej lasy, zamykać w rurach jej wodospady i wogóle zniekształcać jej formy. Jeżeli zdołał uczynić tak wiele w pierwszych momentach istnienia nasuwa się pytanie, co ją jeszcze czeka w następnych, niezliczonych wiekach, przez które będzie mu dane pracować na jej powierzchni, bo według wszelkiego prawdopodobieństwa dotychczasowy okres przeżyty przez rasę ludzką jest niczem w porównaniu z tym, który ma przed sobą. O ile można przewidzieć—za miljon miljonów lat od dzisiejszego dnia słońce będzie prawie takie samo jak dziś i ziemia będzie się obracała naokoło niego tak, jak się teraz obraca. Tylko rok będzie trochę dłuższy, klimat znacznie zimniejszy, a bogate nagromadzone

zasoby węgla, nafty i lasów zużyte od dawien dawna. Ale niema powodu, dla którego nasi potomkowie nie mieliby jeszcze wtedy zaludniać ziemi. Może ziemia wówczas nie będzie mogła utrzymać ludności tak licznej jak obecnie i może mniej ludzi będzie chciało żyć na niej. Z drugiej strony ówczesna ludzkość, jako trzy miljony razy starsza od teraźniejszej, będzie może—niech to przypuszczenie nie doprowadza do rozpaczy naszych pesymistów —trzy miljony razy mądrzejsza.

Z punktu widzenia astronomicznej skali czasu ludzkość rozpoczyna egzystencję i znajduje się w położeniu nowonarodzonego niemowlęcia o niezbadanych możliwościach. Do paru ostatnich chwil zainteresowanie jej skupiało się jedynie i wyłącznie na kołysce i flaszce z mlekiem. Tylko co uświadomiła sobie, że

poza nią i jej kołyską istnieje ogrom wszechświata i uczy się dopiero nastawiać wzrok na dalekie przedmioty. Niemowlęcy mózg zaczyna się budzić i zastanawiać w mętny, senny sposób, co to są za rzeczy i do czego służą. Zainteresowanie jej tym światem zewnętrznym nie jest jeszcze dostatecznie mocne i główna część uwagi skupia się w dalszym ciągu na kołysce i butelce. Ale mały zakątek mózgu już się dziwi i zdumiewa.

Wyraźmy tu najbardziej pesymistyczny pogląd na przyszłość rasy ludzkiej i przypuśćmy, że przetrwa jeszcze najwyżej d w a t y s i ą c e m i l j o n ó w l a t, to znaczy okres równy mniej więcej dotychczasowemu istnieniu ziemi. Ludzkość zatem — wyobraźmy ją sobie, jako istotę która ma żyć normalnie lat 70 — urodziła się w domu, wybudowanym przed siedemdziesięciu laty i ma w tej

chwili — trzy dni. Ale dopiero w ciągu ostatnich paru minut uświadomiła sobie, że cały świat nie skupia się wokoło jej kołyski i powijaków, i dopiero w ciągu paru ostatnich cyknięć zegara zaświtała jej w mózgu zgodna z rzeczywistością koncepcja rozmiarów otaczającego świata. Bo nasz zegar nie wybija sekund, ale lata, i jego minuty równają się okresom życia jednostek. Dopiero półtorej minuty temu zmierzono odległość pierwszej gwiazdy i znaleziono „calówkę" dla wszechświata. A ledwie niecałe ćwierć minuty temu profesor Hertzsprung w Lejdzie i dr. Shapley, obecnie dyrektor obserwatorjum Harvarda, wykazali, że gwiazdy, znane pod nazwą zmiennych w konstelacji Cefeusza, dostarczają dłuższej miarki i nauczyli nas operować zawrotnemi odległościami, na których przebycie światło zużywa setki tysięcy lat.

Z ostatniem zaś uderzeniem zegara dr. Hubble z obserwatorjum na Mount Wilson posługując się tą miarką odkrył, że najbardziej odległe ciała niebieskie, dostrzegalne przez największy teleskop na ziemi, są tak straszliwie dalekie, iż światło, przebywające 300.000 kilometrów na sekundę, dochodzi od nich do ziemi po upływie 140.000 miljonów lat.

Nasza wizja wszechświata rośnie stale i z coraz większą szybkością. Czy ta ekspansja nigdy nie będzie miała końca? Sądząc z obecnego stanu rzeczy — tak.

Jedna z głównych zasad, zasada względności, wyznacza granicę, do której zbliżamy się szybko. Podług tej teorji (rozszerzona teorja Einsteina) przestrzeń nie może się rozciągać w nieskończoność i—pomimo, że nie ma kresu—jest ograniczona tak, jak powierzchnia ziemi. Nie trzeba

przemierzać całej powierzchni ziemi, aby znaleźć cyfrę, wyrażającą tę powierzchnię. Wystarczy zmierzyć promień, co możemy uskutecznić mierząc jej krzywiznę w każdym danym punkcie. W ten sam sposób całkowita objętość przestrzeni może być określona na podstawie jej krzywizny, a tę znowu oznaczamy przez obliczenie gęstości materji, rozproszonej w przestrzeni. Przestrzeń, nie zawierająca materji, ciągnęłaby się w nieskończoność, lecz ta część przestrzeni, którą możemy ogarnąć zapomocą naszych teleskopów, zawiera dostateczną ilość materji, aby nam pozwolić ocenić, że już widzimy pokaźną część całości. Zupełnie tak jakby nasze niemowlę, widząc okręty, wynurzające się z za horyzontu, wywnioskowało, że ziemia jest kulista i zdało sobie w przybliżeniu spra-



Tab. I.

Typowa mgławica spiralna

(M 81, mgławica w Wielkiej Niedźwiedzicy)

wę z jej wielkości, przedłużając w wyobraźni dostrzeżoną krzywiznę.

Dokładne cyfry są niemożliwe, ale dr. Hubble obliczył, że według wszelkiego prawdopodobieństwa, przestrzeń ciągnie się najwyżej tysiąc razy dalej od najdalszej mgławicy, widzialnej przez największy teleskop. Nic nam nie przeszkodzi iść myślą w przestrzeń poza tę odległość, ale jeżeli to uczynimy, powrócimy poprostu do punktu wyjścia. Posiadacz dostatecznie czułego aparatu radjowego może wysyłać sygnały i chwytać je w jedną siódmą sekundy później, po okrążeniu przez nie ziemi. Podobnież—rzecz zupełnie możliwe do pomyślenia—powiększenie zasięgu naszych teleskopów pozwoliłoby nam ogarnąć całą przestrzeń i zobaczyć w świetle, które okrążyło kosmos — gwiazdy, otaczajace nasze słońce, nie takie oczy-

wiście, jakie są teraz, ale jakie były 100.000 miljonów lat temu.

Te rozważania czynią nieprawdopodobnem przypuszczenie, aby ów rozrost wszechświata miała się posuwać jeszcze bardzo długo w takiem tempie jak dotychczas. Zorjentowawszy się, że świat jest kulisty, niemowlę usiłuje pośpiesznie zdać sobie sprawę z jego wielkości. Nasze niemowlę, ludzkość, dokonało doniosłego odkrycia istnienia świata zewnętrznego, nabrało pewnego wyobrażenia o jego wielkości i wytworzyło swoje poglądy nie w drodze powolnych stopniowych odkryć, ale na skutek błyskawicy myślowej ostatnich kilku sekund. Z pewnością w późniejszych, dojrzałych latach i w statecznym sędziwym wieku dokona ono wielu sensacyjnych odkryć, ale nigdy już nie przeżyje takiej nieśmiertelnej chwili jak ta, w której pojęło ogrom

otaczającego świata. Nasze życie ogranicza się do bardzo niewielu uderzeń zegara wiecznego i fatum mogło zrządzić, że owa chwila mogła wypaść albo wcześniej—w ciągu trzech dni, przeżytych już przez niemowlę, albo później, w ciągu długich i pewnie nudnych siedemdziesięciu lat, jakie mu pozostają do przeżycia. Cud się stał, że nam właśnie, naszemu pokoleniu przypadło w udziale to, co poniekąd uznać trzeba za najbardziej sensacyjny moment w życiu naszej rasy.

Świeżo obudzony umysł dziecka przystępuje do pracowitego zestawienia i uporządkowania nowej serji faktów. Jeżeli świat nie został stworzony poto tylko, aby służyć za tło jego kołysce, to w takim razie jakie jest jego przeznaczenie? Jeżeli światła wielkich okrętów w porcie nie poto jaśnieją, żeby oświetlać w nocy

jego dziecinny pokoik, to poco się palą? I najbardziej interesujące zagadnienie: jeżeli świat jest taki ogromny, to czy mogą istnieć inne kołyski i inne niemowlęta?

Uwagi te mają na celu zaznaczenie, że kosmogonji roku 1928 nie należy uważać żadną miarą za skończoną naukę albo za ostateczne rozwiązanie problematu. Jest ona raczej pierwszą mętną próbą dziecięcego umysłu, usiłującego pojąć wszechświat, otaczający jego kołyskę. I jeżeliby je zapytano o wrażenie, wywołane tym pierwszym, niedoświadczonym rzutem oka na świat zewnętrzny i poproszono, by to wrażenie określiło jednem słowem, odpowiedziałby prawdopodobnie: „ogrom".

OGROM PRZESTRZENI.

Ogrom przestrzeni wyraża się w cyfrach, o których już była mowa.

Światło i fale radjowe biegną z jednakową szybkością (w gruncie rzeczy są jednem i tem samem zjawiskiem) i okrążają ziemię w ciągu jednej siódmej sekundy, a wszechświat prawdopodobnie w ciągu 100.000 m i l j o n ó w l a t. Stosunek tych czasów (2×10^{19})*) wyraża rozmiary wszechświata w bardziej zrozumiałych rozmiarach ziemi. Jednocześnie daje niejakie wyobrażenie o rozroście naszych pojęć przestrzennych od czasów Kopernika. Różnica wielkości jest zbyt ogrom-

---

*) Tutaj, jak w innych ustępach książki, 2×10^{19} oznacza w skrócie dwójkę, za którą następuje 19 zer, to jest *20.000,000.000,000.000,000.* Miljon jest to 10^6, *miljon miljonów* — 10^{12} i tak dalej. Największą cyfrą, podaną w tej książce jest $10^{120.000.000.000}$. W braku wygodnej stenografji matematycznej cyfra ta wyraziłaby się jedynką z orszakiem zer, na których pomieszczenie trzebaby sześciu miljonów takich tomików jak ten.

na, by móc ją sobie łatwo uzmysłowić. Wyobraźmy sobie, że nasza ziemia to atom, który ma w średnicy jedną stumiljonową część cala. Wówczas to, co ogarnia największy teleskop, wyraziłoby się istotnemi rozmiarami całego globu, a wielkość wszechświata, zgodnie z teorją względności — stosem z tysiąca miljonów globów ziemskich.

Niemniej oszałamiająca od rozmiarów przestrzeni jest olbrzymia ilość i rozmaitość zawartej w niej materji. Słońce, które jest miljon razy większe od ziemi a 300,000 razy cięższe, okazuje się czemś w rodzaju ziarnka piasku na wielkiej plaży. Należy ono do rodziny, której ilość członków liczy się z pewnością na tysiące miljonów. Dr. Seares ocenia to niebieskie mrowie na trzydzieści tysięcy miljonów. A nie jest to jedyna rodzina gwiazd we wszech-

świecie. Wszystkie wielkie mgławice spiralne i inne ekstragalaktyczne, podane na fotografji tytułowej i na kliszach II i III, są albo rodzinami gwiazd, albo składają się z gwiazd powstających, albo są materją, z której według wszelkiego prawdopodobieństwa gwiazdy kiedyś się narodzą.

Możemy obliczyć masy tych wielkich mgławic na podstawie danych grawitacyjnych. Każda z nich zawiera ilość materji, wystarczającą na tysiąc miljonów słońc. Już to może dać pewne wyobrażenie o rozmiarach tych mgławic, ale dla uzupełnienia obrazu trzeba dodać, że ich kolosalne masy są do tego stopnia rozrzedzone, że każda miljonowa część uncji ma objętość Matterhornu. Wyobraźmy sobie ciało większe od Matterhornu o tyle, o ile sto miljonów słońc jest cięższe od jednej mil-

jonowej uncji, a otrzymamy rozmiary wielkiej mgławicy. Każda z fotografij reprodukowanych w tej książce, musiałaby zostać powiększona do rozmiarów całej Azji, zanimby ciało wielkości ziemi mogło być na niej dostrzeżone, nawet przy pomocy najsilniejszego mikroskopu.

Dr. Hubble oblicza, że przez wielki dwu i półmetrowy teleskop na Mount Wilson widać około dwóch miljonów takich mgławic i że cały wszechświat jest mniej więcej tysiąc miljonów razy większy od przestrzeni, którą tym teleskopem ogarniamy. Pomnóżmy teraz 1000 miljonów przez 2 miljony, a otrzymaną mnożną — przez 1000 miljonów. Ostateczna cyfra ($2x10^{24}$) da nam wyobrażenie o prawdopodobnej liczbie gwiazd we wszechświecie. Taka sama ilość ziarnek piasku, rozsypanego na powierzchni

Anglji, utworzyłaby warstwę grubą na setki metrów. Spróbujmy sobie uświadomić, że nasza ziemia jest miljonową częścią takiego ziarnka piasku, a nasze ziemskie sprawy, zmartwienia i czyny ukażą się nam we właściwym stosunku do wszechświata.

RÓŻNORODNOŚĆ GWIAZD.

Gwiazdy można porównywać do ziarnek piasku tylko ze względu na ich mnogość, poza tem różnią się inter se za bardzo i trudno to porównanie posunąć dalej. Dawniej uważano je poprostu za punkciki świetlne, które różniły się między sobą jedynie natężeniem blasku. Odległość ich uniemożliwiała badanie ich natury, stanu, własności. Dzisiejsza astronomja potrafi mierzyć ich temperatury metodami podobnemi do

tych, które stosujemy w odniesieniu do pieców fabrycznych; ich wielkości — przy pomocy specjalnego przyrządu, interferometru gwiezdnego, i wreszcie obliczać wagę na podstawie przyciągania grawitacyjnego, jakie wywierają na sąsiednie gwiazdy. Tak samo ciężar ziemi obliczamy podług siły przyciągania, wywieranej przez nią na księżyc i utrzymującej go w orbicie. Te pomiary ujawniły olbrzymią rozmaitość gwiazd, wielkiah i małych, jasnych i ubogich w światło, gorących, gorętszych i jeszcze gorętszych.

Najsłabsza znana gwiazda, Wolf 359, wysyła 50,000 razy mniej światła niż słońce. Gdyby ją podstawić nagle na miejsce słońca, morza ścięłyby się momentalnie w twardy lód a atmosfera przeszłaby w stan płynny. Mieszkańcy równika otrzymywaliby od tego nowego słońca

mniej światła i ciepła niż od zwykłego ogniska węglowego, oddalonego o milę i cała ludzkość zginęłaby lodową śmiercią. Druga ostateczność: najbardziej jasna ze znanych gwiazd S. Doradus promieniuje 300,000 razy więcej światła i ciepła niż słońce. Gdyby tę gwiazdę podstawić na miejsce słońca, nasza umiarkowana temperatura podskoczyłaby do 7.000 stopni Cel., to znaczy dwa razy wyżej niż temperatura najgorętszej części łuku elektrycznego i twarda ziemia ze swojemi niebosiężnemi wieżami, wspaniałemi pałacami i nami samymi zamieniłaby się momentalnie w gorącą parę.

Prawie taka sama rozmaitość istnieje w wielkościach gwiazd. Najmniejsza znana gwiazda, gwiazda Van Maanena, jest mniej więcej tak duża jak ziemia. Miljon takich gwiazd możnaby upchać wewnątrz

słońca i jeszczeby zostało sporo miejsca. Największa ze znanych gwiazd Betelgeza jest znów tak olbrzymia, że pochłonęłaby w swem wnętrzu 25 miljonów słońc. Jeżeli porównamy słońce do piłki tennisowej, gwiazda Van Maanena zmaleje do rozmiarów skromniejszych, niż kropka nad „i" na tej karcie, podczas gdy Betelgeza wyglądać będzie jak spora kamienica. Gwiazda Van Maanena, podstawiona na miejsce słońca, wydałaby się nam mniejsza niż Jowisz lub Saturn, podczas gdy Betelgeza ogarnęłaby nas i naszą ziemię, bo jej promień jest większy niż promień ziemskiej orbity.

W porównaniu z olbrzymią skalą jasności i wielkości, skalą większą niż różnica między reflektorem i robaczkiem świętojańskim oraz między balonem-sterowcem i ziarnkiem śrótu, waga gwiazd wykazuje spokojną

jednostajność. Niema ani jednej gwiazdy, której ciężar znany lub przypuszczalny wynosiłby mniej niż dziesiątą część wagi słońca, a bardzo niewiele takich, które posiadają dziesięciokrotną wagę słońca. Tych ciężkich gwiazd wypada prawdopodobnie jedna na sto tysięcy. Pozostałe 99,999 wahają się między powyższą wagą, a dziesiątą częścią wagi słońca.

Z tego wynika, że różna wielkość gwiazd nie zależy w wielkim stopniu od ilości zawartej w nich materji, ale raczej od większej lub mniejszej spoistości tejże materji. Tonna materji na słońcu zajmuje w przybliżeniu tyle miejsca ile zwykła tonna węgla w piwnicy; w Betelgezie — tyle co londyński Albert Hall; a w gwieździe Van Maanena—tyle tylko, ile ziarnko grochu w strąku. Sto tonn tej materji zmieściłoby się z łatwością

w portmonetce. W porównaniu z masywnością gwiazdy Van Maanena, nasza ziemska materja jest lotna jak najcieńsza pajęczyna.

BUDOWA GWIAZD.

Pomimo olbrzymiej skali różnic w zakresie jasności, wielkości i gęstości gwiazd, budowa ich jest prawdopodobnie zasadniczo jednakowa.

Normalny atom składa się ze środkowego jądra, naokoło którego wirują po orbitach elektrony, niby planety naokoło słońca. Jest to w samej rzeczy miniaturowy system słoneczny, w którym wolna przestrzeń zajmuje niepomiernie więcej miejsca niż materja. Jądro atomu pomimo swojej niesłychanej maleńkości — jego średnica wynosi minimalny ułamek miljonowo-miljonowej części cala — nie jest wcale prostą

strukturą. Składa się ono z pewnej liczby cząsteczek, naładowanych elektrycznością dodatnią, t. zw. protonów, i pewnej liczby cząsteczek, naładowanych elektrycznością ujemną. Te ostatnie mają ten sam ładunek co elektrony, obracające się naokoło jądra, i są prawdopodobnie z niemi identyczne.

Pod wpływem wielkiego gorąca zewnętrzne elektrony atomowe zaczynają się odrywać od atomu i uciekać w przestrzeń po linjach stycznych. Tak samo gdy woda dojdzie do stanu wrzenia, zewnętrzne molekuły zrywają się z uwięzi i wylatają w powietrze w niezależną podróż. Stopniowa woda wyparowuje całkowicie. Gorąco przeobraża ją w masę gazu (pary), w której każda oddzielna drobina biegnie po swojej indywidualnej ścieżce na podobieństwo pocisków na polu bitwy. Zupełnie tak

samo działa gorąco na atomy, powodując kolejne zrywanie się warstw elektronów z uwięzi. Atomy stają się coraz mniejsze i mniejsze, aż wkońcu spoista struktura przestaje istnieć. Każdy elektron, każde jądro biegnie po własnej drodze, nie zważając na resztę.

Nie możemy badać tego procesu w całej rozciągłości w laboratorjach, gdyż nie rozporządzamy dostatecznie wysokiemi temperaturami. Wysoka temperatura zaczyna się dopiero w płomieniu tleno - wodorowym i w łuku elektrycznym. Atmosfery gwiazd mają wyższe temperatury niż te, jakie można osiągnąć na ziemi, i tam naturalnie proces rozpadu atomów jest dalej posunięty. Spektroskop wykazuje, że atomy mogą się dzielić na dwie, trzy, a nawet cztery części. Temperatura wnętrza gwiazd jest jeszcze wyższa. Nie można jej zmierzyć

Tabl. II.



Fig. 1.

Mgławica normalnie ukształtowana
(N. G. C. 3115)
Obserwat. na Mount Wilson



Fig. 2.

Mgławica z ciemnym pierścieniem materji wokół
równika (N. G. C. 4594)

Dwa początkowe stadja w rozwoju mgławic.

bezpośrednio, ale możliwe są tu pewne obliczenia pośrednie, mniej lub więcej dokładne. Temperatura wnętrza słońca wynosi w przybliżeniu 50,000,000 stopni i taka jest przeciętna temperatura wnętrza gwiazd w ogólności. Trudno zdać sobie sprawę z fizykalnego znaczenia temperatury tak dalece różnej od naszego ziemskiego doświadczenia. Gdyby można doprowadzić do takiej temperatury odrobinę materji wielkości ziarnka grochu, spaliłaby ona i spopieliła każdego, ktoby się do niej zbliżył na odległość tysiąca mil. Promień jej zniweczyłby momentalnie całą armję. Matematyk jednak może skierować swoje obliczenia w samo serce gwiazdy i może dowieść z mniejszą lub większą pewnością, że we wnętrzu większości gwiazd prawie wszystkie lub wszystkie elektrony muszą bujać oddzielnie od macierzystych atomów,

wobec czego materja gwiezdna rozproszkowana jest całkowicie albo prawie całkowicie na jądra i elektrony.

Wystąpiłem po raz pierwszy z tą teorją w roku 1917, sądząc, że jest bezwzględnie nowa. Później jednak stwierdziłem, że już w roku 1644 Descartes wyraził przypuszczenie, iż słońce i gwiazdy stałe składają się z materji „obdarzonej tak wielką gwałtownością ruchu, że uderzając o inne ciała, dzieli się na nieokreślenie drobne cząsteczki". Moja własna teorja nie była przypuszczeniem, ale nieuniknioną dedukcją z nowoczesnej wiedzy fizyko-atomowej. Od chwili jej wygłoszenia poświęcono wiele pracy na wypróbowanie hipotezy, że we wnętrzu gwiazd elektrony nie trzymają się atomów i że ogołocone atomy i wolne elektrony poruszają się swobodnie we wszystkich kierunkach

jak molekuły w gazie. Ale hipoteza przyniosła zawód. Sądzę, że dużo prawdopodobniejszy jest inny pogląd, mianowicie, że atomy nie są ogołocone doczysta, że przeciwnie w większości gwiazd zatrzymują parę pierścieni elektronów i dzięki temu są dostatecznie duże, aby się obijać nawzajem o siebie, jak molekuły w płynie. Ta hipoteza wyjaśnia wspaniale fakt, inaczej niezrozumiały — że gwiazdy okazują tendencję do dzielenia się na wyraźne grupy niemal „standaryzowanych" wielkości. Podług tej wygodnej hipotezy, różne wielkości gwiazd odpowiadają różnym wielkościom możliwym dla atomów gwiezdnych, które mogą mieć po 0, 1, 2 lub 3 pierścienie pozostałych elektronów, ale bez ułamków. Największe gwiazdy, jak Betelgeza, mają po trzy pierścienie, podczas gdy malutkie gwiazdy, jak gwiazda Van

Maanena, składają się z atomów przeważnie ogołoconych z elektronów zewnętrznych tak, że ich ściśliwość jest prawie nieograniczona. Te gwiazdy przedstawiają naturalne krańce wielkości. Bardziej normalne gwiazdy jak Syrjusz, Procjon i Słońce, składają się głównie z atomów, w których koło jądra pozostał tylko jeden pierścień elektronów.

Tak więc zaobserwowane wielkości gwiazd odsłaniają tajemnice budowy atomów. Wielkości gwiazd nie przedstawiają równomiernego stopniowania dlatego, że wielkości atomów w różnych stadjach ogołocenia również nie tworzą łańcucha ciągłego. To ostatnie zjawisko ma znów swoje źródło w nieciągłościach, stanowiących zasadniczy rys nowego systemu dynamiki kwantów, który opanował obecnie całą dziedzinę fizyki atomowej. W ten sposób główna ce-

cha charakterystyczna praw, rządzących najdrobniejszemi procesami w naturze, znajduje również swój odpowiednik w kolosalnych fenomenach astronomicznych i rządzi rozmieszczeniem olbrzymich mas gwiezdnych. W nauce nieskończenie wielkie nie jest nigdy bardzo dalekie od nieskończenie małego, ale trudno byłoby znaleźć bardziej sensacyjną ilustrację jedności nauki od tej, którą tu przytoczyłem.

Podług tej hipotezy zaobserwowane wielkości gwiazd nietylko dają poznać ogólną strukturę atomu, co jest starą wiedzą, lecz pozwalają również wejrzeć szczegółowo w budowę poszczególnych atomów, z których składają się gwiazdy, a to jest nową nauką. Im bardziej złożona jest budowa atomu, tem wyższej trzeba temperatury, aby go rozbić. Faktem jest, że proste atomy rozleciały

by się kompletnie we wnętrzu gwiazd. Aby móc pozostać przy rozmaitych wielkościach, wymaganych przez teorję płynnych gwiazd, atomy gwiezdne muszą być cięższe i bardziej złożone niż wszelkie atomy znane na ziemi. Atomy, które objawiają swą obecność w widmach gwiazd, są naturalnie atomami zwykłych ziemskich pierwiastków — wodoru, żelaza wapnia i innych. Atomy te, jako najlżejsze w gwieździe, wypływają naturalnie na powierzchnię i decydują o jej widmie. Dalej, ponieważ ziemia oderwała się od powierzchni słońca, jej skład chemiczny obejmuje siłą rzeczy te same lekkie pierwiastki. Ale istnieje prawdopodobieństwo, że w głębiach gwiazd kryją się inne nieznane, cięższe atomy. Później przekonamy się, że istnieje jeszcze inny dowód konieczności takiego stanu rzeczy. Ten mianowicie, że żadne

ziemskie atomy, nawet rad i uran, nie mogłyby wyprodukować takiej ilości energji, jaką produkują atomy gwiezdne.

OGROM CZASU.

Ogrom przestrzeni idzie w parze z ogromem czasu. Możemy oznaczyć wiek gwiazd ze śladów, jakie wyrył na nich bieg czasu, tak samo jak możemy ocenić wiek drzewa z rozgałezienia pnia albo z liczby pierścieni w przekroju. Istnieją trzy główne metody takich obliczeń. Orbity gwiazd podwójnych, przy ich urodzeniu koliste, deformują się stopniowo pod działaniem przechodzących w pobliżu ciał niebieskich. Ponieważ zaś możemy obliczyć, z jaką szybkością odbywa się ten proces, sam kształt orbit gwiezdnych mówi nam o ich

wieku. Drugiej metody dostarczają ruchy mgławic albo skupień. Grupy wielkich gwiazd, jak Wielka Niedźwiedzica, Plejady i Orjon, składają się często z wyjątkowo masywnych ciał, które poruszają się w regularnym ordynku, przez gęstwiny drobniejszych gwiazd, niby stado łabędzi wśród bezładnego tłumu gawronów i szpaków. Łabędzie jednak są istotami świadomemi i starają się zachować ten swój ordynek. Podobne do łabędzi gwiazdy nie mogą tego uczynić, to też z czasem regularna formacja łamie się wskutek przyciągania innych gwiazd. W takim wypadku najpierw zostają wytrącone z szyku najlżejsze gwiazdy, podczas gdy najbardziej masywne posostają w nim najdłużej. Zgadza się to z wynikami obserwacji i ponieważ możemy obliczyć czas potrzebny do wytrącenia z szeregu

lżejszych gwiazd, wiek pozostałych możemy wyrachować również. Trzecia metoda badania opiera się na dość zawiłym teoremacie dynamicznym, z którego wynika, że po dostatecznym przeciągu czasu energja ruchowa różnych typów gwiazd zaczyna się powoli wyrównywać. Małe gwiazdy nadrabiają niewielką masę znaczniejszą szybkością ruchu. Dr. Seares z obserwatorjum na Mount Wilson wykazał, że gwiazdy, znajdujące się blisko słońca, osiągnęły już prawie ten idealny stan. A więc, mogąc obliczyć czas potrzebny do osiągnięcia tej równości, możemy obliczyć wiek gwiazd.

Ważne to i pocieszające zarazem, że te trzy metody prowadzą do jednakowych rezultatów: wiek gwiazd wyraża się miljonami miljonów lat, najprawdopodobniej waha się w granicach od pięciu do dziesięciu mil-

j o n ó w m i l j o n ó w lat. Nie możemy określić wieku gwiazd z całą ścisłością, ale chodzi tu raczej o tak zwany porządek wielkości, nie o cyfrę dokładną.

ŹRÓDŁO PROMIENIOWANIA GWIAZD.

Rok w rok, stulecie w stulecie, przez m i l j o n y m i l j o n ó w lat, słońce promieniuje tyle energji z każdego cala swojej powierzchni, że wystarczyłoby jej na na utrzymanie w ciągłym ruchu maszyny o sile pięćdziesięciu koni mechanicznych. Gorętsze gwiazdy wysyłają w przestwór z cala kwadratowego energję w ilości 30,000 koni mechanicznych. Gdyby źródłem tej energji było spalanie węgla, gwiazdy wypaliłyby się kompletnie w ciągu niewielu setek czy tysięcy lat. Jakież więc jest źród-

ło energji, mającej wystarczyć na miljony miljonów lat?

Przeszło dwadzieścia lat temu zwróciłem uwagę na olbrzymi zapas energji, możliwej do uzyskania przez zniweczenie materji, przez kolizje dodatnio i ujemnie naładowanych protonów i elektronów, które wpadając jedne na drugie niszczą się nawzajem i uwalniają całkowitą energję wewnętrzną w formie promieniowania. Z takiego punktu widzenia ani energja ani materja nie trwają wiecznie, trwa tylko ich suma. Przyczem — przynajmniej teoretycznie — mogą być zamienione jedna w drugą.

Występując z tą hipotezą sądziłem, że wygłaszam coś najzupełniej nowego i rewolucyjnego. Później jednak przekonałem się, że już przed dmoma wiekami Newton wypowiedział pogląd podobny. Oto co pisze w swojej Optyce (1704):

„Pytanie 30. Czy ciężkie ciała nie mogą się zamieniać w światło i odwrotnie; i czy ciała nie otrzymują w pewnym stopniu swej aktywności od cząsteczek światła, które wnikają w ich budowę.

„Zamiana ciał w światło i światła w ciała odpowiadałaby bardzo biegowi rzeczy w naturze, która zdaje się mieć szczególny pociąg do przemian. Woda, będąca bardzo płynną, pozbawioną smaku solą, zamienia się od gorąca w parę, to jest rodzaj powietrza. A znowu od zimna — w lód, to jest twardy, przezroczysty kamień, kruchy i topliwy. I kamień ten zamienia się zpowrotem w wodę od gorąca, a para — w wodę od zimna... Jajka rosną z niewidocznych drobinek i stają się zwierzętami; kijanki zamieniają się w żaby, a robaki w muchy. Wszystkie ptaki, zwierzęta, ryby, owady, drzewa

i inne rośliny ze wszystkiemi swojemi częściami formują się z wody i roztworów wodnych oraz soli. A później, przez gnicie, znów się zamieniają w substancje wodne. Woda zaś, stojąc przez kilka dni na otwartem powietrzu, wydaje z siebie ciecz, która (na podobieństwo piwa), po jeszcze dłuższem staniu, wydziela osad i gaz. Ale przed zgniciem jest dobrem pożywieniem dla zwierząt i roślin. Zważywszy więc na takie różnorodne, dziwne przemiany, dlaczegóżby natura nie mogła zamieniać ciał w światło, a światła w ciała?"

Dla powodów, które podamy niżej, jest wysoce nieprawdopodobne, aby światło mogło się zamieniać w materję. Natomiast z d e r z a n i e się dodatnio naładowanych jąder atomów i ujemnie naładowanych elektronów tworzy mechanizm odpo-

wiedni dla zamiany materji w energję. Zobaczymy teraz, że prawie napewno takie jest rzeczywiste źródło promieniowania gwiazd.

Snop promieni wywiera ciśnienie na powierzchnię, na którą pada, tak samo jak strumień wody lub pęd powietrza. Tłumaczy się to tem, że promieniowanie ma masę i teorja elektromagnetyczna podaje nawet, jaka jest wielkość tej masy. Możemy np. obliczyć, że reflektor, który promieniuje z siłą 50 koni mechanicznych, wyrzuca falami świetlnemi w przestrzeń masę w ilości $^5/_4$ grama na sto lat. Dostatecznie subtelnemi przyrządami moglibyśmy nawet zaobserwować „oddawanie" reflektora (tak jak oddawanie fuzji po wystrzale). Faktycznie ciśnienie, wywierane przez promieniowanie, zostało zmierzone, chociaż w inny trochę sposób. Naturalnie reflektor otrzymuje ciągle

nową masę od prądu elektrycznego. Gdyby nie to, straciłby po stu latach na wadze $^{5}/_{4}$ grama. Tyle bowiem ważyłoby światło, wypromieniowane przez ten przeciąg czasu.

Każdy cal kwadratowy powierzchni słońca jest w gruncie rzeczy reflektorem, promieniującym w przestrzeń z siłą 50-ciu koni parowych i tracącym masę w ilości $^{5}/_{4}$ grama na stulecie. Powierzchnia słońca jest tak olbrzymia, że jako całość wyrzuca w przestrzeń 250 miljonów ton na minutę. Ale słońce nie ma źródła, z któregoby mogło uzupełniać energję straconą. Wczoraj musiało ważyć o 360,000 miljonów tonn więcej niż dzisiaj, a jutro będzie ważyło o 360,000 miljonów tonn mniej niż dzisiaj. Nie są to spekulacje, ale cyfry, oparte na obserwacji albo na ogólnie przyjętych zasadach, które bezpośrednia obserwacja potwierdza.

Wychodząc z założenia, że masywniejsza gwiazda promieniuje silniej niż mniej masywna, możemy obliczyć, że pięć lub dziesięć miljonów miljonów lat temu Słońce musiało być kilka razy masywniejsze, niż jest teraz i że straciło już większość masy, jaką miało przy urodzeniu. Z każdej tonny, jaką miało pierwotnie, pozostało dziś najwyżej parę centnarów. Utrata masy, towarzysząca promieniowaniu, nie jest zatem akademickiem rozszczepianiem włosa, lecz realnem zjawiskiem astronomicznem i młode gwiazdy muszą być wielokrotnie masywniejsze od starych.

Tę zmianę masy możemy do pewnego stopnia stwierdzić naocznie. Promieniowanie jest stałym, ciągłym podatkiem od masy. Obserwacja wykazuje, że podatek ten jest progresywny i wzrasta niepomiernie dla



Tab. III.

Mgławica spiralna (N. G. C. 891) widziana zboku.

Późniejsze stadjum rozwoju mgławicy.

najbogatszych gwiazd. Zuboża on wszystkie gwiazdy i wyrównywa wreszcie kapitały tych, które resztkami gonią. Im starsze są gwiazdy, tem bardziej ich zubożałe masy są sobie równe. To jest główna przyczyna, dlaczego masy gwiazd są mniej więcej jednakowe. Proces ten najłatwiej zaobserwować w podwójnych systemach, powstałych wskutek rozpadnięcia się jednej gwiazdy na dwie części. Dwie składowe gwiazdy takiego systemu są naturalnie w jednym wieku i obserwacja wykazuje, że małe gwiazdy starych systemów są sobie bliższe masą niż masywne gwiazdy młodych układów.

Tak więc obserwacja i teorja wykazują zgodnie, że wszechświat roztapia sie w promieniowaniu. Możemy porównać nasze położenie do sytuacji niedźwiedzi polarnych na krze

lodowej, która oderwała się od masy lodów podbiegunowych. Ów „iceberg" znoszony prądem topnieje, zbliżając się stale do krajów cieplejszych i do ostatecznego unicestwienia.

UNICESTWIENIE MATERJI.

Pięć miljonów miljonów lat temu słońce nagromadziło w sobie zapas energji, która miała podtrzymywać jego światło i ciepło aż do dnia dzisiejszego i masa tej energji była wielokrotnie większa od obecnej masy słońca. Nie znamy innego sposobu skupienia takiej ilości masy niż w formie elektronów i protonów. Nasuwa się więc przypuszczenie, że promieniowanie słońca przez te miljony miljonów lat odbywało się kosztem unicestwiania elektronów i protonów, które pierwotnie w niem istniały, ale już teraz istnieć prze-

stały. Owe elektrony i protony są poprostu flaszkami energji. Ciągłe pękanie tych butelek w słońcu wyzwala energję promienistą, która ogrzewa i oświetla naszą ziemię. Wielki zapas zakorkowanych butelek sprawia, że światła i ciepła starczy jeszcze na miljony miljonów lat przyszłych.

Ilość energji, wyzwalanej w ten sposób, jest zdumiewająca. Unicestwienie całkowite funta węgla na tydzień dałoby tyle energji, ile jej dostarcza spalenie pięciu miljonów tonn tygodniowo, wydobywanych na wyspach brytyjskich. Uncja węgla na miesiąc dostarczyłaby siły popędowej wszystkim lokomotywom na kolejach brytyjskich, podczas gdy jedna kropla nafty — zniszczona do cna — przeniosłaby Mauretanję przez cały Atlantyk. Określając wydajność maszyny parowej na 5%

lub coś około tego, rozumiemy przez to, że całkowite zużycie energji cieplnej oznacza wydajność 100-procentową. Jeżeli jednak zestawimy wykonaną pracę z całkowitą, utajoną energją paliwa, możliwą do wydobycia przy zupełnem unicestwieniu, otrzymamy stopień wydajności, który się wyrazi skromną cyfrą 0,00000001. W tej skali słońce i gwiazdy pracują dokładnie z 100.00 procentową wydajnością.

Współczesna teorja fizyczna wykazuje, że unicestwienie elektronu musi wywołać „błysk światła" o fali daleko krótszej od wszystkich, jakie znamy na ziemi. W miarę jak te promienie torują sobie drogę wewnątrz gwiazdy, długość fali stopniowo wzrasta, albo mówiąc językiem technicznym, promieniowanie staje się miękkie, mniej przenikliwe. Promienie stają się promieniami gamma

radu, potem twardemi promieniami X, potem miękkiemi promieniami X i wreszcie opuszczają powierzchnię gwiazdy, jako zwykłe światło i ciepło. Przypuśćmy, że elektron zostaje unicestwiony nie wewnątrz gwiazdy, ale nazewnątrz, w wolnej przestrzeni lub też wewnątrz prawie przejrzystej mgławicy. Krótka fala promieniowania nie podlega wtedy zmiękczeniu, lecz biegnie w dal dopóki nie napotka jakiej przeszkody. Z tego wynika, że wszystkie ciała astronomiczne, włączając w to powierzchnię ziemi, powinny się znajdować pod ciągłem bombardowaniem radjacyj o krótszych falach, a zatem daleko przenikliwszych, niż te, które możemy wywołać na ziemi.

PROMIENIOWANIE NAJWYŻSZEJ PRZENIKLIWOŚCI.

Wiele lat temu odkryli takie radjacje w atmosferze ziemskiej prof. McLen-

nan (obecznie w Toronto), sir Ernest Rutherford i inni obserwatorzy, a zbadał je ostatnio dokładnie prof. Millikan z Pasadeny i inni. Niema wątpliwości,że te promienie idą ku nam stamtąd, skąd powinnny, to jest od wielkich mgławic, i ilość ich zgadza się z hipotezą, że cały wszechświat rozpływa się w promieniowaniu.. Z długości fali tajemniczych radjacyj powinniśmy móc wywnioskować, jaki to proces fizyczny daje im początek, ale tu napotykamy pewną trudność. Najtwardsze promieniowanie ziemskie przenika płyty ołowiane, grube na cale i odpowiada napięciu setek tysięcy woltów. Promieniowanie kosmiczne przechodzi przez ołów grubości czterech i pół metra i najtwardsze z tych promieni odpowiadają sześćdziesięciu miljonom woltów. Prof. Millikan przypisywał te promienie temu, że cztery atomy wo-

doru łączą się dla utworzenia jednego atomu helu, ale promienie w ten sposób powstałe miałyby przenikliwość, odpowiadającą 30 miljonom woltów. Fizyka zna wiele powodów zmiękczenia promieniowania, ale żadnego, któryby przenikliwość zwiększał. Musimy wię szukać innego źródła, bardziej energicznego niż owa synteza, zamiana wodoru w hel, i nie widzę innego źródła jak właśnie unicestwianie materji. Zaznaczam, że nie chodzi tu o drobne zjawisko, o jakąś kwestję akademicką. W pewnym stopniu to promieniowanie jest najbardziej podstawowym fenomenem fizycznym całego wszchświata i większość regjonów w przestrzeni zawiera go więcej niż widzialnego światła lub ciepła. Promienie te przenikają nasze ciała dniem i nocą. Możemy się przed niemi schronić chyba tylko w kopalni albo w łodzi

podwodnej, a są tak mocne, że rozbijają w każdem ludzkiem ciele po kilka miljonów atomów na sekundę. Może są do życia niezbędne, a może nas zabijają — nie wiemy.

KRES WĘDRÓWKI PROMIENIA.

Dużo dyskutowano na temat ostatecznego losu promieniowania astronomicznego. Nieskończenie maleńka część tego promieniowania uderza w ziemię w różnych formach: światła słońca, światła gwiazd i wysoce przenikliwych — kosmicznych — promieni. Inne drobne ilości są pochłaniane w podobny sposób przez inne ciała niebieskie. Olbrzymia zaś większość wędruje poprostu w przestrzeni., nie napotykając na żadną przeszkodę. Dopóki wyobrażano sobie przestrzeń jako nieskończoność,

promienie mogły przypuszczalnie biec naprzód i naprzód wiecznie, lecz w zamkniętym wszechświecie mogą tylko krążyć w kółko jak wiewiórka w klatce. Wyrażono przypuszczenie, że promienie, wydzielane przez miljony miljonów gwiazd w ciągu miljonów miljonów lat, przesycą wkońcu przestrzeń promieniowaniem, tak jak klatka przepełniłaby się wiewiórkami, gdyby wpuszczać do niej coraz nowe wiewiórki, a żadnej nie wyjmować. Albo—inne porównanie. Gdyby sypać bez przerwy cukier do herbaty, nasyciłaby się wkońcu tym cukrem do tego stopnia, że przestałaby go rozpuszczać. Chyba, że część rozpuszczonego już cukru wydzieliłaby się zpowrotem w postaci kryształków.

Rachunek wykazuje, że wszechświatowi nie grozi tego rodzaju niebezpieczeństwo. Przejdźmy odrazu

do ostateczności i wyobraźmy sobie, że każdy atom obecnego wszechświata, gwiazdy, mgławice i t. d., wszystko to zamieniło się nagle w promieniowanie. Możemy obliczyć, ile materji zawiera się w przeciętnej mili sześciennej wszechświata i ileby z niej powstało promieniowania, gdyby została unicestwiona. Otóż rezultat byłby taki, że temperatura przestrzeni podniosłaby się od absolutnego zera do około jedenastu stopni ponad absolutne zero, to jest do 262 stopni C, czyli do temperatury poniżej płynnego powietrza. Wiadomo, że temperatura powierzchni ziemi zależy prawie wyłącznie od ciepła i światła słonecznego. Promienie z wszystkich innych gwiazd, włączając te, które wędrują naokoło przestrzeni, nie grają pod tym względem żadnej roli. Możemy obliczyć, że gdyby cały wszechświat, z wyjątkiem

słońca, roztopił się nagle w promieniowanie, temperatura ziemi podniosłaby się o mniej niż jedną pięciotysiączną część stopnia i poza tem, że niebo opróżniłoby się z gwiazd, nie zauważylibyśmy absolutnie żadnej różnicy. Możliwe, że nawet w obecnym stanie rzeczy naokoło przestrzeni wędruje promieniowanie dziesięciu tysięcy umarłych wszechświatów, ale trzebaby ich setek tysięcy, żeby mogła być mowa o pomiarach naukowych. Tak więc nie możemy stwierdzić, ile już wszechświatów roztopiło się w promieniowaniu i wędruje teraz w tej upiornej formie naokoło przestrzeni. W każdym razie miejsca na jeszcze jeden jest aż nadto.

Wielu ludzi pragnie nieśmiertelności wszechświata w tej formie czy innej tak samo gorąco, jak nieśmiertelności osobistej. Obserwacja naukowa stwierdza, iż w jednem miejscu

materja ulega unicestwieniu — to przyznają—jej energja zamienia się w promieniowanie, ale zato w innej stronie wszechświata to samo promieniowanie może wydzielać nowe nieba i i nowe ziemie. Morze odpływa z naszego brzegu tylko dlatego, że jednocześnie na jakimś innym, dalekim, nieznanym nam brzegu następuje przypływ.

To, co podałiśmy powyżej, zbija z miejsca tego rodzaju przypuszczenia, ale kwestja nadaje się do bardziej wyczerpującego omówienia. Widzieliśmy, że jeżeliby wszystka materja we wszechświecie zamieniła się w promieniowanie, temperatura przestrzeni podniosłaby się tylko o 11 stopni. Rachunek ścisły zaś wykazuje, że wszechświat doszedłby do stopnia nasycenia promieniowaniem, podobnie jak herbata może zostać nasycona cukrem, dopiero przy tempe-

raturze 7,500,000,000,000 stopni. W tej temperaturze dopiero, nie prędzej, przestrzeń przestałaby absorbować promieniowanie, chyba, że część poprzedniego promieniowania skrystalizowałaby się zpowrotem w materję. Takie podniesienie temperatury przestrzeni wymagałoby unicestwienia jakichś $3x10^{47}$ takich jak nasz wszechświatów. Cyfra ta jest miljony razy większa niż liczba ziarnek cukru, któreby trzeba rozpuścić w Atlantyku, zanimby mogła nastąpić krystalizacja. To znaczy, że zamiana całego naszego wszechświata w promieniowanie byłaby zjawiskiem mniejszej wagi niż rozpuszczenie w Atlantyku ziarnka cukru i od promieniowania gwiazd do stworzenia nowych światów jest taka sama daleka daleka droga, jak od słodyczy jednego ziarnka cukru do zamiany oceanu w cukier lodowaty. Przestrzeń

jest tak ogromna w porównaniu z ilością materji, jaką zawiera, że nasze porównanie z filiżanką herbaty, przesyconej cukrem, było niewłaściwe. Powinniśmy raczej byli mówić o rozpuszczeniu ziarnka cukru w Atlantyku.

W rezultacie można powiedzieć, że z punktu widzenia rozporządzalnej ilości materji, zdolność przestrzeni do przyjmowania promieniowania jest nieskończona. Z tego wynika, że zamiana materji w promieniowanie jest procesem jednostronnym, albo jak się to mówi w technice „nieodwracalnym". Materja może się zamienić w promieniowanie, ale w obecnych warunkach odwrotny proces jest niemożliwy. W końcu przyjdzie czas, że każdy zdolny do tego przeobrażenia atom, zamieni się w promieniowanie. Wszechświat jest jak zegar, którego sprężyna się roz-

kręca. O ile wiadomo w nauce, nikt tego zegara nie nakręca, ani on sam nie może się nakręcić, tak że zczasem będzie musiał stanąć. Obecnie jest nakręcony tylko częściowo i został nakręcony w przeszłości w jakiś nieznany nam sposób. Studjując mechanizm zegara, notując długość sprężyny już rozkręconej i tej jej części, która jeszcze pozostaje, możemy obliczyć, jak długo zegar chodził i jak długo chodzić będzie. Ale to nam nie mówi, jaka siła puściła go początkowo w ruch.

Nasi poprzednicy naukowi z przed pół wieku uważali wszechświat za przypadkowe zbiorowisko atomów, które, stworzone niewiadomo jak i kiedy, wpadły na siebie i utworzyły ni z tego ni z owego ziemię i gwiaździste niebo. Pogłębiena wiedza dzisiejsza wykazuje nam, że główna ma-

sa i główna energja wszechświata nie istnieją w formie atomów, w formie nieuchwytnego promieniowania. Możemy powiedzieć, że wszechświat składa się przeważnie z radjacyj z niewielką domieszką atomów, które bezustannie zamieniają się w promieniowanie. Czy możemy uważać ten nowy wszechświat za przypadkową kombinację atomów i promieni?

Analogja do zegara podsuwa momentalnie odpowiedź przeczącą, którą dokładne obliczenia potwierdzają w całej rozciągłości. Przypadkowe zbiorowisko jakichkolwiek składników musi osiągnąć po upływie dostatecznego czasu stan zwany przez fizyków „układem maksymalnej entropji" ale który dla krótkości nazwiemy „stanem ostatecznym". Jest to stan zegara, który przestał chodzić, bo sprężyna rozkręciła się w nim do końca. Wszystko jedno, jakie są da-



Obs. na Mount Wilson

Fig. 4.

Mgławica spiralna N. G. C. 7217

Mgławica spiralna, widziana zprzodu.

ne składniki, (byle były zawsze jedne i te same), ich ostateczny stan będzie zawsze ten sam. Jeżeli temi składnikami będzie filiżanka herbaty i cztery kawałki cukru, ostateczny stan da nam jednostajną masę lepkiego płynu albo raczej mdłej słodyczy. I rezultat ten będzie zawsze jednakowy, niezależnie od tego jak, kiedy i w jakim porządku wrzucimy do herbaty cztery kawałki cukru.

Ostateczny stan wszechświata podlega bardzo dokładnym obliczeniom. Wystarczy tylko znać składniki. Wiemy, że są to materja i promieniowanie. Poza tem jest rzeczą obojętną, jaki jest ich obecny układ czy rozmieszecznie oraz mechanizm kierujący wszechświat do stanu ostatecznego. Wszystkie drogi prowadzą do Rzymu, a Rzym łatwo odszukać. Rachunek wykazuje, że szanse przeciwko temu by w ostatecznym stanie

choć jeden atom, zdolny do zamiany w promieniowanie, pozostał w stanie materji, są niewyobrażalnie olbrzymie, wyrazić je można cyframi: $10,^{420'000'000'000}$ do jednego. Ponieważ wiele jeszcze takich atomów pozostaje nieunicestwionych, kwestja, czy wszechświat osiągnął już swój stan ostateczny upada bez dyskusji. Dalej—możliwość, jakoby obecny podział całkowitej energji wszechświata na atomy i promieniowanie był czemś przypadkowem, jest tak samo minimalna jak szanse osiągnięcia już przez wszechświat jego stanu ostatecznego. W samej rzeczy matematyczna ocena stanu przypadkowego jest taka sama, jak stanu ostatecznego i to daje nam możność odrzucenia koncepcji przypadkowości wszechświata, jako najzupełniej wykluczonej. Wszyskie dane wskazują z nieodpartą siłą na jakiś określony

wypadek lub serję wypadków stworzenia wszechświata w czasie n i e n i e s k o ń c z e n i e odległym. Wszechświat nie mógł powstać przypadkowo z obecnych swoich składników i nie mógł być zawsze taki sam jak teraz. Bo w obydwu wypadkach pozostałyby tylko te atomy, które są niezdolne do promieniowania. I nie byłoby ani światła słońca ani gwiazd, tylko chłodna świetlistość promieniowania, rozlanego jednostajnie w przestrzeni. Podług nauki nowoczesnej taki jest ostateczny stan, do którego z m i e r z a w s z e l k a materja, a który jest faktycznie nieunikniony.

„Nie będzie gwiazd i słońca,
Skończy się świt i dzień,
Poryki fal ucichną
I zamrze wszelki głos.
I tylko sen wieczysty
W wieczystą, wieczną noc"...

EOS CZYLI

EWOLUCJA MATERJI GWIEZDNEJ.

Odwróćmy teraz uwagę od promieniowania gwiezdnego i zastanówmy się nad atomami gwiezdnemi, które powodują to promieniowanie przez samounicestwienie. Zasadniczy proces promieniowania polega na wpadaniu na siebie dwóch odwrotnie naładowanych cząsteczek elektrycznych. W takim wypadku cząsteczki niszczą się nawzajem i znikają. Na ich miejsce pojawia się wytrysk energji promienistej, która wędruje wewnątrz gwiazdy, dopóki po niezliczonych absorbcjach i re-emisjach, nie wydostanie się na powierzchnię i nie ucieknie w przestrzeń. Każdy taki wytrysk jest podobny do błysków, które materja radjoaktywna wywołuje w t. zw. spintaryskopie z tą różnicą, że jest wiele tysięcy razy potężniejszy. Wielka energja tych błysków znajduje do

pewnego stopnia przeciwwagę w rzadkości tego zjawiska. W słońcu np. ginie na godzinę mniej więcej jeden atom na każde 10^{17} a t o m ó w. Cal sześcienny masy słońca zawiera, powiedzmy, 10^{23} a t o m ó w, z których unicestwia się na godzinę jakiś 1,000,000 (miljon). Tak więc energja, wytworzona w calu sześciennym masy słońca, nie jest taka znów wielka i wynosi przeciętnie około 150,000 ergów na godzinę, co się równa w przybliżeniu energji stutysięcznej części świecy. Olbrzymi potop energji, płynącej z powierzchni słońca, tłumaczy się faktem, że w s z y s t k a energja, wyprodukowana w stożku głębokim na 433,000 mil, musi się wylewać przez ujście tegoż stożka.

Naturalnie nasuwa się pytanie, jaki rodzaj atomów jest źródłem promieniowania. Obecne promieniowanie słońca wyraża się dwoma ergami na

sekundę na każdy gram jego masy i o ile wiemy, promieniuje ono z taką albo jeszcze większą siłą od kilku miljonów miljonów lat. Czy słońce mogłoby mieć tąką zdolność promieniowania, gdyby jego wnętrze składało się z pospolitych pierwiastków ziemskich wodoru, tlenu, wapnia, żelaza, krzemu i t. d. i t. d?

Odpowiedź najbliższa brzmi: Nie. Nawet gdyby kula słoneczna składała się z czystego uranu, jej siła promieniotwórcza wynosiłaby tylko połowę rzeczywiście zaobserwowanej. Co więcej starczyłoby tego zapasu zaledwie na minimalną część przypuszczalnego wieku słońca. Słońce złożone z samego radu, promieniowałoby z więcej niż dostateczną siłą, ale trwałoby najwyżej kilka tysięcy lat. Żadna możliwa kombinacja pierwiastków ziemskich nie mogłaby dać tak wysokiego promieniowania i długiej

wystarczalności, jakie stwierdzamy w słońcu i gwiazdach.

Nie trzeba jednak zapominać, że ciśnienie i temperatura wnętrza gwiazd są w naszych laboratorjach absolutnie nieosiągalne. Nasuwa się pytanie, jakby się zachowały nasze ziemskie pierwiastki gdyby je poddać warunkom, panującym na gwiazdach. Czy nie jest np. możliwe, że wnętrze słońca składa się ze zwykłych ziemskich pierwiastków, które zawdzięczają swą wysoką energjotwórczość olbrzymiej temperaturze i ciśnieniu? Albo nadając pytaniu ogólniejszą formę: czy wydzielanie energji postępuje sprawniej i czy elektrony i protony unicestwiają się nawzajem na większą skalę, jeżeli materja gwiezdna znajduje się pod wysokiem ciśnieniem i w wysokiej temperaturze? Czy samobójstwa atomów są częstsze, jeżeli temperatura i ciśnienie są większe?

Ogólna teorja fizyki nie godzi się na tego rodzaju przypuszczenia. Ale może najbardziej ważkiego argumentu contra dostarcza obśerwacja astronomiczna.

Ogólnie biorąc, nie te gwiazdy promienieją najenergiczniej, w których materja gwiezdna podlega najwyższym ciśnieniom i najwyższej temperaturze. W rzeczywistości stoją one nieraz niżej na punkcie radjacji od chłodnych gwiazd o niskiem ciśnieniu. Gwiazda S. Doradus, o której wspomnieliśmy jako o najjaśniejszej ze znanych gwiazd, należy do najchłodniejszych i wnętrze jej posiada wyjątkowo niskie ciśnienie. Z drugiej strony Wolf 359, najciemniejsza ze znanych gwiazd, wyróżnia się straszliwem ciśnieniem wnętrza i straszliwą temperaturą. Jeżeli uszeregujemy gwiazdy podług porządku energji promienistej na jednostkę ma-

sy, przekonamy się, że porządek ten nie odpowiada ani kolejności temperatur, ani ciśnień, lecz mas. Im gwiazda masywniejsza tem energiczniej promieniuje. Ponieważ zaś historja życia gwiazdy streszcza się głównie w ciągłej stracie wagi i przemianie substancji na promieniowanie, najcięższe gwiazdy są jednocześnie najmłodsze, a najlżejsze — najstarsze. Stosownie do tego gwiazdy, które promieniują najenergiczniej w stosunku do swej masy są najmłodszemi gwiazdami, bez względu na temperaturę i ciśnienie wnętrza. Starsze gwiazdy wydają się wyczerpane.

Gdyby promieniowanie gwiazd pochodziło od zwykłych ziemskich pierwiastków, podniesionych do wysokiej temperatury i znajdujących się pod wysokiem ciśnieniem, gwiazdy o najwyższych temperaturach i ciśnieniach promieniowałyby najenergiczniej. Ale

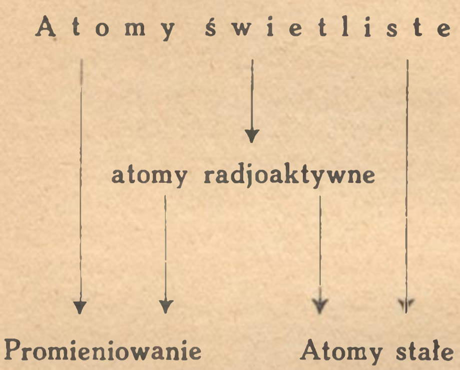
obserwacja tego nie wykazuje. Zato wykazuje, że energiczne promieniowanie jest cechą młodości gwiazd. A więc promieniowanie pochodzi od typu materji, która (w miarę jak gwiazda starzeje się), unicestwia się i znika. Nie możemy powiedzieć z wszelką pewnością, że nasze ziemskie atomy nie biorą wcale udziału w tej grze, lecz jeżeli biorą, to w najlepszym razie minimalny. Gdyby przeciętny ziemski atom wytwarzał choćby *10000-ną* część tej energji, którą daje przeciętny atom słońca, powierzchnia ziemi byłaby dla nas za gorąca. Nasze ziemskie atomy mają tak małą zdolność do unicestwiania się i produkowania promieniowania, że można je nazwać „trwałemi". Naturalnie atomy pierwiastków radjoaktywnych stanowią wyjątek. Są to prawdopodobnie ostatnie resztki pierwotnej energicznej materji i tworzą

przejście od bezwładnych, trwałych atomów do bardziej niestałych, będących źródłem promieniowania gwiezdnego.

MATERJA ŚWIETLISTA.

Newton, pisząc w roku 1692 do dr. Bentley'a, wystąpił z domysłem, że gwiazdy muszą się składać ze specjalnej „świetlistej" matarji, różnej od zwykłej ziemskiej „nie-świetlistej". Jak widzimy astronomja współczesna wskazuje, że rozróżnienie to było słuszne. Jest i teraz jeszcze niezbędne dla zrozumienia mechanizmu wszechświata. Tylko, że różnica nie jest tak zdecydowanie wyraźna jak przypuszczał Newton, gdyż nasze atomy radjoaktywne tworzą prawdopodobnie rodzaj przejścia od jednej rzeczy do drugiej. Atomy świetliste są prawdopodobnie „ro-

dzicami" atomów radjoaktywnych, które znów z kolei (przynajmniej częściowo) są „rodzicami" atomów stałych. Schematycznie przedstawia się to jak następuje:



Podług wszelkiego prawdopodobieństwa na ziemi istnieją *92* typy atomów, chociaż dwóch jeszcze nie odkryto i nie izolowano. Różnią się one między sobą ilością elektronów, obracających się naokoło jądra, któ-

ra to cyfra ma nazwę „numeru atomowego". Szereg zaczyna się od wodoru, najlżejszego i najprostszego atomu o jednym elektronie, a kończy na uranie, który ma *92* elektrony i jest najcięższym i najbardziej złożonym atomem, jaki znamy na ziemi. Zasługuje na uwagę fakt, że wszystkie atomy z liczbą atomową poniżej *84* są atomami „stałemi", nie okazującemi tendencji do zamiany na promieniowanie. Wszystkie zaś z liczbami atomowemi powyżej *83*, są „radjo-aktywne", stale rozpadają się na prostsze atomy i na promieniowanie i znikają z ziemi z sekundy na sekundę.

Ponieważ uznaliśmy pierwiastki radjoaktywne za pomost między „trwałemi" ziemskiemi pierwiastkami i i „świetlistemi" atomami gwiezdnemi, te ostatnie muszą mieć liczby atomowe wyższe niż *92*. I w gruncie

rzeczy niema innej alternatywy, gdyż pierwsze 92 miejsca, z wyjątkiem dwóch, są już zajęte przez ziemskie atomy. Zgadza się to z wymaganiami teorji gwiazd płynnych która, jakeśmy już zaznaczyli, przypisuje atomom gwiezdnym większą wagę i większą złożoność niż uranowi, a to aby mogły stawiać opór intensywnej temperaturze wnętrz gwiazd i nie rozpadały się kompletnie na części.

Atomy świetliste, jako najcięższe w gwieździe, opadają naturalnie ku środkowi, podczas gdy trwałe, jako najlżejsze, unoszą się na powierzchni. Tak więc atomy, ktore objawiają swoją obecność w widmie słońca i gwiazd, w świetle wydzielanem przez ich warstwy zwierzchnie, są to atomy najlżejsze w gwieździe. Ziemia może zawierać tylko najlżejsze z atomów słonecznych, bo oderwała się kiedyś od powierzchni słońca. Dla-

tego to ziemia składa się tylko z atomów stałych, ktore nie rozprzęgają się w promieniowanie. Ta jedynie okoliczność umożliwia życie na ziemi, bo gdyby nasza planeta zawierała poważniejszą ilość atomów świetlistych, temperatura jej byłaby nie do wytrzymania Ta sama okoliczność obdarza ziemię pewnego rodzaju melancholijną nieśmiertelnością. Jest ona wyjęta z pod ogólnego przeznaczenia materji obrócenia się w promieniowanie i będzie istniała długo potem, gdy już gwiazdy rozpłyną się w ciemnościach, a z powierzchni globu zniknie światło i życie.

Trzeba przypuścić, że pierwotna materja składała się z mieszaniny atomów o różnych liczbach i ciężarach atomowych, a więc o różnych stopniach złożoności Pierwiastki świetliste jako najbardziej złożone znikają pierwsze. Ich zanik obniża natu-

ralnie promieniotwórczą zdolność gwiazdy i przeciętną złożoność jej atomów. Tak samo jak na wybrzeżu najtwardsze skały wytrzymują najdłużej rozkładową czynność morza, w gwieździe najlżejsze pierwiastki opierają się najdłużej rozkładowemu działaniu czasu. Wkońcu gwiazda traci całą swą zdolność promieniotwórczą i zatrzymuje tylko najlżejsze, trwałe atomy. Reszta ginie.

Tak więc ogólny kierunek chemicznej ewolucji wszechświata zmierza od złożoności do prostoty, gdyż promieniowanie uważane jest za najprostszą formę istnienia. Przeciwny to wniosek w stosunku do zapatrywań dawniejszych badaczy, którzy doszli do przekonania, że materja postępuje progresywnie od prostoty do złożoności. Odkryli oni np., że w widmie Syrjusza linje wodoru występują bardzo silnie, a wapnia bardzo słabo.

Tab. V.

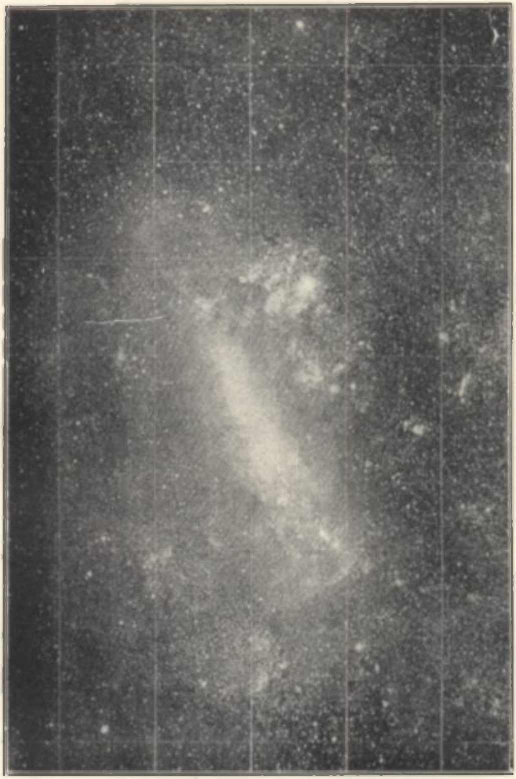


Fig. 5.

Nubecula Major

Skupienie gwiazd — przypuszczalny koniec rozwoju mgławicy.

W widmie słonecznem było odwrotnie, wapień zaznaczał się silniej niż wodór. Z tego spostrzeżenia wyprowadzili wniosek, że w składzie Syrjusza przeważa wodór, a w składzie słońca—wapień. Sądząc, że Syrjusz musi się kiedyś przeobrazić w gwiazdę podobną do naszego słońca orzekli, że jego substancja zamieni się stopniowo z wodoru w wapień i w inne bardziej złożone pierwiastki. To spostrzeżenie miało służyć na poparcie ustalonej hipotezy, że pierwiastki złożone tworzą się z prostych na drodze stopniowej ewolucji.

Jak wykazały nowsze badania Sahy, R. H. Fowlera i Milne'a, prawdziwa interpretacja tamtych wczesnych obserwacyj jest poprostu taka, że obecna temperatura powierzchni Syrjusza sprzyja specjalnie aktywności wodoru w wydzielaniu i absorbowaniu promieniowania, podczas gdy niż-

sza temperatura powierzchni słońca pozostawia wodór w stanie względnej bezczynności, a wprawia w ruch wapień, żelazo i t. d. Jak fizyk może wywołać w laboratorjum różne widma z tej samej rurki katodowej, zmieniając tylko sposób i warunki wzbudzenia, tak samo natura daje różne widma z tej samej materji gwiezdnej, zmieniając jej temperaturę.

Jasna rzecz, że powyższa okoliczność odejmuje widmom gwiezdnym wszelkie bezpośrednie znaczenie ewolucyjne. Widma gwiazd wyjawiają nam poprostu obecne temperatury ich powierzchni tak, że gdybyśmy nawet mogli uszeregować gwiazdy w porządku ich wieku, porównanie ich widm powiedziałoby nam tylko czy temperatury ich powierzchni podnoszą się czy spadają. O ewolucyjnych zmianach chemicznych, zachodzących

w ich substancji, nie dowiedzielibyśmy się niczego.

Aby zbadać te zmiany musimy sięgnąć wgłąb, pod zwierzchnie warstwy, wysyłające widmo gwiazdy. Studja nad zasadniczemi zmianami, zachodzącemi w łonie gwiazdy, wskazują (jakeśmy już stwierdzili) na ewolucję od złożoności do prostoty — od złożonych atomów świetlistyoh do prostszych atomów i promieniowania. Znana nam na ziemi ewolucja chemiczna pierwiastków radjoaktywnych odbywa się w tym samym kierunku. Jest to kierunek odwrotny do ewolucji biologicznej, która postępuje od prostoty do złożoności. Jeżeli wszechświat nieożywiony podąża w tym kierunku, w jakim przypuszczamy, to ewolucja biologiczna zachowuje się jak majtek, wspinający się po masztach i sznurach na tonącym okręcie.

Jakkolwiek skala masywności gwiazd nie jest bardzo wielka, to jednak jest za wielka, aby ją można przypisywać różnicom w ciężarach atomów, z których się one składają. Bardzo masywna gwiazda, jak Betelgeza, gtórej waga wynosi pięćdziesięciokrotną wagę słońca, musi zawierać więcej atomów niż słońce. A ponieważ, jak się zdaje, Betelgeza skurczy się z czasem do rozmiarów słońca, wypływa stąd wniosek, że to zmalenie odbędzie się kosztem unicestwienia atomów. W przyszłości Betelgeza będzie uboższa w atomy niż obecnie. Złożone atomy nie zamienią się na prostsze tak, jak się to dzieje z atomami radjoaktywnemi, lecz przestaną istnieć.

Jednakże jakieś „trwałe" atomy, obecne w składzie Betelgezy przeżyją katastrofę unicestwienia świetlistych towarzyszy, może w stosunku

jednego procentu obecnej masy gwiazdy. Z tego wynika, że 99% masy tej gwiazdy musi się składać z atomów nietrwałych. A więc pierwotna materja wszechświata musiała się składać głównie z atomów nietrwałych i atomy naszego ziemskiego typu są raczej wyjątkiem niż regułą. Stanowią one prosty produkt uboczny głównych procesów wszechświata, resztę popiołów, ostających się tylko dlatego, że nie ulegających spaleniu. Zaczynamy pojmować, że nasza ziemska chemja i fizyka leżą na skraju olbrzymich obszarów nauki. Za brzegiem morza, zbadanego w naszych laboratorjach, rozciąga się ocean, którego istnienie zaczynamy właśnie podejrzewać.

Potrzeba ostrożnych zastrzeżeń w naszej interpretacji wszechświata narzuca się z nieodpartą siłą, gdy pomyślimy, że nowy świat, w którym

się porusza dzisiejsza astronomja, jest cały odkryciem bieżącego stulecia. Nie chodzi tylko o to, że nasza obecna koncepcja rozciągłości wszechświata w przestrzeni i jego trwania w czasie jest dla nas nowem objawieniem, ale że nasze rozumienie jej podstaw jest również zupełne nowe. Zamiana materji w promieniowanie, stanowiąca, jak się zdaje, zasadniczy proces fizyczny wszechświata, zamajaczyła na widnokręgu naszego ziemskiego rozumienia dopiero w roku 1904. Podług tego nowego objawienia pierwotna materja wszechświata składa się z pierwiastków, których istnienie zaczynamy dopiero podejrzewać albo z atomów prawie kompletnie rozbitych. To ostatnie przypuszczenie narodziło się dla nauki w roku 1917. Pierwotne promieniowanie wszechświata to wcale nie widzialne światło, ale krótkofalowe

promieniowanie, którego twardość i przenikliwość wydałaby się na początku obecnego stulecia wprost niewiarogodna. Cała nasza wiedza o podstawowych, fizycznych stanach wszechświata, w którym żyjemy, jest żniwem ostatniego ćwierćwiecza.

Wytłumaczenia tego faktu należy szukać w tem, że istota żyjąca zaczyna badać naturę od swego bezpośredniego otoczenia. Badanie ogólnych warunków wszechświata jako całości jest daleko trudniejszą sprawą, która na naszej planecie dopiero zakiełkowała. Warunki fizyczne, wśród których możliwe jest życie, tworzą zaledwie drobną cząstkę stanów fizycznych, panujących we wszechświecie. Sama koncepcja życia zawiera w sobie trwanie w czasie. (Nie może być życia tam, gdzie atomy zmieniają swój układ miljony razy na sekundę i żadna para atomów nie

może się z sobą połączyć). Zawiera również pewną możność ruchu w przestrzeni. Dwie te niezbędne cechy ograniczają życie do ciasnych granic warunków fizycznych, w których możliwy jest stan płynny. Rozejrzenie się we wszechświecie pokazuje nam, jak szczupłe są te granice w porównaniu z zakresem całego kosmosu. Pierwotna materja musiała przeobrażać się w promieniowanie miljony miljonów lat, aby wytworzyć nieskończenie małą ilość martwych popiołów, na których możliwe jest istnienie życia. I to jeszcze nie wszystko, bo popioły muszą mieć pewną obreśloną temperaturę, ani za wysoką ani za niską i odpowiadać, według wszelkiego prawdopodobieństwa, mnóstwu innych warunków, o których nie wiemy nic. Inaczej życie nie powstanie. Musimy traktować z ogromnemi zastrzeżeniami naszą włas-

ną interpretację zaczynającego się objawiać wszechświata, gdyż nasze spętane umysły przywykły od wieków do bardzo ograniczonego widnokręgu i nasze doświadczenie jest zbyt jednostronne.

ŻYCIE GWIAZD.

Gwiazdy rodzą się prawie napewno w łonie mgławic, typu wielkich mgławic ekstragalaktycznych, jakie podaję na kliszach I, II, III i IV. Wśród tych mgławic panuje wielka rozmaitość kształtów, ale łączy je wszystkie jedna cecha wspólna: wszystkie mianowicie stanowią olbrzymie masy gazu, obdarzonego w różnym stopniu ruchem rotacyjnym. Fakt ten jest tak dalece pewny i zdecydowany, że kiedy dr. Hubble spróbował ostatnio rozklasyfikować mgławice podług kształtów, zamyka-

jąc umyślnie oczy na wszelkie względy teoretyczne, przekonał się, że czysta obserwacja zmusiła go do przyjęcia takiego porządku klasyfikacji, jaki przepowiedziałem kilkanaście lat wcześniej na podstawach teoretycznych.

Olbrzymia masa gazu, pozbawiona zupełnie ruchu rotacyjnego, przybrałaby naturalnie kształt dokładnie kulisty. Ruch rotacyjny rozpłaszcza kulę (i ziemia jest na biegunach spłaszczona) i wkońcu większa część jej materji rozpościera się w formie cienkiego kręgu. Widzimy początek tego procesu na tab. 1. Na ilustr. 2 jest on już dość daleko posunięty, na ilustr. 3 — bardzo daleko. Tab 4-ta pryedstawia mgławicę, podobną prawdopodobnie pod względem fizycznym do tej z tab. 3, ale widzianą z innej strony. Mgławica z kliszy I jest pewnie również podob-

nego typu, ale w jeszcze dalszym stadjum przeobrażenia. Teorja matematyczna wykazuje, że cienka struktura w formie kręgu nie może pozostać jednostajną masą gazu. Tak jak ochłodzenie się obłoku pary sprawia, iż para kondensuje się w krople wody, tak samo ochłodzenie się obłoku gazu powoduje wydzielanie się poszczególnych „grudek" masy. Fenomen ten widoczny jest na wszystkich fotografjach mgławic. Jest nieuniknionem, teoretycznem następstwem praw, rządzących gazami i grawitacją.

Teorja, która przepowiada, że fenomen musi się zdarzyć, przepowiada również jego skalę. Możemy obliczyć, ile materji pójdzie na wytworzenie każdej „kropli". Wyliczona masa kropel odpowiada mniej więcej masie gwiazd. W samej rzeczy te krople, wyłonione z gazu, są gwiaz-

dami, a opisany powyżej proces przedstawia narodziny gwiazd. Na krańcach wielu mgławic spiralnych zaobserwowano rzeczywiste gwiazdy. Należy do nich również mgławica M 81, podana na kliszy I. Naturalnie nie można stwierdzić, czy każdy zauważony punkt świetlny jest gwiazdą, ale niektóre takie punkty zdradzają tę samą szczególną fluktuację światła, która charakteryzuje pewien typ gwiazd zmiennych (wymienione już gwiazdy zmienne Cefeusza) i ten fakt stwierdza identyczność owych punktów świetlnych ponad wszelką wątpliwość.

A więc w mgławicach jesteśmy świadkami narodzin gwiazd, przeobrażania się pierwotnej masy gazu w „wyspowy wszechświat" gwiazd. Dr. Hubble uznał za konieczne zakończyć swoją klasyfikację mgławic „chmurami" (skupieniami) gwiazd. Na

jednym końcu jego ciągłego łańcucha znajduje się mgławica, ukształtowana jak masa wirującego gazu, wśród którego nie widać ani jednej gwiazdy, na drugim — rój gwiazd, taki jak Wielki Obłok Magellana z kliszy V który znów składa się z samych tylko gwiazd. Nasz galaktyczny układ gwiezdny jest prawdopodobnie końcowym produktem takiej transformacji. Droga Mleczna zaznacza płaszczyznę równikową mgławicy pierwotnej.

Możemy obliczyć z dużem przybliżeniem, ile czasu upłynęło od narodzin gwiazd, biorąc pod uwagę, że musiały być przy narodzeniu daleko masywniejsze niż są teraz. Jeżeliby słońce traciło masę ciągle z tą samą szybkością co teraz, to znaczy 360.000 miljonów tonn na dzień, to starczyłoby go jeszcze na jakieś 15 miljonów miljonów lat. Po-

dobnież jeżeli do narodzin promieniowało z takiem samem natężeniem jak dzisiaj, to 15×10^{12} lat temu miało dwa razy tyle masy co obecnie, 30×10^{12} lat temu — trzy razy tyle masy i t. d. Ale wiemy przecież, że promieniowanie nie jest jednostajne. Obserwacja wykazuje, że masywniejsze gwiazdy spalają swoją substancję daleko szybciej niż mniej masywne i możemy przyjąć, że kiedy słońce było wiele razy masywniejsze niż jest teraz, jego tempo utraty masy było odpowiednio szybsze. Zrobiwszy to zastrzeżenie przekonywamy się, że słońce musiało mieć:

dwa razy większą masę, niż obecnie $5 \cdot 7 \times 10^{12}$ lat temu

cztery razy większą masę, niż obecnie $7 \cdot 1 \times 10^{12}$ lat temu

osiem razy większą masę, niż obecnie $7 \cdot 4 \times 10^{12}$ lat temu

szesnaścią razy większą masę, niż obecnie $7 \cdot 5 \times 10^{12}$ lat temu

trzydzieści dwa razy większą masę, niż obecnie $7 \cdot 6 \times 10^{12}$ lat temu.

Zauważamy, że jeżeli miało ono kiedy trzydzieści dwa razy większą masę niż obecnie, to wypromieniowało połowę swej masy w ciągu krótkich 100,000 miljonów lat. Takie rozrzutne są gwiazdy w pierwszym okresie młodości, kiedy mają z czego trwonić. Ten przyśpieszony rozmach młodych gwiazd w początku ich karjery pozwala nam obliczyć wiek słońca lub jakiejkolwiek innej zwiazdy z dużą dokładnością, chociaż nie wiemy, jaka była masa początkowa. Wyżej podana tabliczka podaje wiek słońca na 5 do 8 miljonów miljonów lat. Według wszelkiego prawdopodobieństwa zamyka się on w granicach 7 i 8.

Rachunek możliwy jest tylko w odniesieniu do obecnej masy słońca. Prawdopodobny wiek innych gwiazd może być obliczony w podobny sposób z ich obecnych mas. Gwiazdy są pod tym względem podobne do dzieci, że waga ich daje wyobrażenie o ich wieku, chociaż ma się rozumieć, muszą tu wchodzić w grę właściwości indywidualne. Obliczając lata pewnego typu gwiazd, np. tych, które znajduią się w danej odległości od słońca, stwierdzamy, że nie wszystkie wieki są reprezentowane jednakowo, lecz że przeważają gwiazdy w wieku od 5 do 8 miljonów miljonów lat. A więc wielka ilość gwiazd jest mniej więcej w wieku słońca. Gwiazd dużo młodszych i dużo starszych jest stosunkowo niewiele. Jakkolwiek sytuacja przedstawia się niezbyt jasno, nasuwa się racjonalne przypuszczenie, że wielka liczba

Tab VI.



Fig. 6.

Mgławice podwójne, „bliźniacze" (4395, 4401)

Mgławice, które dają wyobrażenie, jak planety narodziły się ze słońca: dzięki przyciąganiu przechodzącej wpobliżu gwiazdy.

gwiazd w sąsiedztwie słońca urodziła się na skutek rozpadnięcia się mgławicy spiralnej 5 do 8 miljonów miljonów lat temu.

Naturalnie inne grupy gwiazd mogą być starsze lub młodsze. Nie da się określić jak długo materja gwiezdna może trwać w stanie mgławicy nim zaczną się z niej tworzyć gwiazdy. Nic w astronomji nie oznacza dokładnie czasu

„wielkiego poranku świata
kiedy po raz pierwszy
Bóg zaświtał nad chaosem".

Nie możemy powiedzieć, czy materja wszechświata powstała za jednym zamachem, czy tworzyła się stopniowo, czy też narodziła się na skutek wyraźnej serji aktów tworzenia. Jednakże ogólny wiek wszechświata nie odbiega prawdopodobnie daleko od przytoczonego wieku gwiazd, o których była mowa.

EOS CZYLI

NARODZINY PLANET.

Po urodzeniu, gwiazdy nie żyją życiem zupełnie monotonnnem. Spotykają je różne wypadki, których rezultatem są różne formacje astronomiczne. Gwiazda może wirować naokoło swej osi z niebezpieczną szybkością, tak jak np. koło rozpędowe. W takim wypadku rozpada się ona na dwie gwiazdy, które obracają się naokoło siebie i tworzą system podwójny. Dalej dwie gwiazdy mogą wpaść jedna na drugą, chociaż to zdarza się bardzo rzadko. Daleko częściej przebiegną koło siebie t u ż, t u ż i przejdą o włos obok katastrofy. Rezultat tego rodzaju spotkania jest taki, że na obu gwiazdach podnoszą się olbrzymie fale przypływu, które mogą również przybrać formę długich smug gazu, kondensującego się ostatecznie w „krople", tak jak

się to dzieje na skrajach mgławic spiralnych. Jest więcej niż prawdopodobne, że w ten sposób powstały planety. Dwie mgławice na kliszy VI dają ogólne wyobrażenie o przebiegu ego procesu, jakkolwiek to, co się tu dzieje ma skalę niesłychanie większą.

A więc narodziny systemu słonecznego były skutkiem zbytniego zbliżenia dwóch gwiazd. Gdyby nasze słońce nie spotkało się na bliską odległość z inną gwiazdą, nie powstałby system słoneczny. Może kto pomyśli, że na przestrzeni miljonów miljonów lat trwania, nie ta to inna gwiazda zbliżyłaby się kiedyś do słońca dostatecznie blisko, aby wyszarpnąć z jego ciała planety. Ale rachunek pokazuje, że jest wręcz przeciwnie. Nawet pomimo długiego życia miljonów miljonów lat zaledwie jedna gwiazda na 100,000

może się doczekać wieńca planet, urodzonych w ten sposób. Powstanie planet może być skutkiem tylko wyjątkowego zbiegu okoliczności i nasze słońce ze swoją rodziną planet ma właściwie charakter kaprysu astronomicznego.

Na tysiąc miljonów gwiazd, otaczających słońce, istnieje pewnie nie więcej niż dziesięć tysięcy systemów planetarnych, bo na powstanie większej ilości nie starczyło czasu. Naturalnie rodzą się ciągle nowe. Podług rachunku jedne takie urodziny wypadają na tysiąc miljonów lat. Aby więc znaleźć system planetarny taki młody jak nasz, musielibyśmy zwiedzić tysiące miljonów gwiazd. A nawet jeżeli na innych planetach istnieje życie podobne do naszego, to zanim natknęlibyśmy się na planetę o kiełkującej cywilizacji, równej naszej, musielibyś-

my zrobić przegląd miljonów miljonów gwiazd. Głęboko niedoświadczone istoty, stoimy w pierwszym brzasku jutrzenki cywilizacji. Różowopalca bogini maluje na niebie coraz to nowe blaski, jedne cudowniejsze od drugich i wizja zmienia się z chwili na chwilę. Na ziemi rozpraszanie się porannych mgieł odsłania naszym zdumionym oczom nowe perspektywy, tajemnicze i niespodziewane. Nazywa się to, że żyjemy w wieku postępu.

Z czasem zorza poranna ustąpi miejsca zwyczajnemu światłu dnia, które znów zkolei zamieni się w jakiejś odległej epoce w zmierzch wieczorny, wieszczący ostateczną, wieczystą noc. Ale my, dzieci poranka, nie potrzebujemy się troszczyć o daleki zachód.

Można przypuścić, że era systemów planetarnych również dopiero

się zaczęła i że z czasem każda gwiazda będzie otoczona rodziną planet tak jak słońce. Ale nie, do tego nie zdąży dojść, bo tymczasem gwiazdy rozpłyną się w promieniowaniu lub znikną w ciemnościach. O ile możemy osądzić, nasza część wszechświata przeżyła już najciekawszy okres swego życia. To, czego jesteśmy świadkami, da się porównać nietyle do podniesienia kurtyny przed zaczęciem przedstawienia, ile do dopalania się świec na pustej scenie, na której dramat już się rozegrał. Na narodziny wielu więcej planet nie stanie czasu.

ŻYCIE I WSZECHŚWIAT.

Plenety są jedynemi, wiadomemi nam miejscami, na których może istnieć życie. Gwiazdy są za gorące. Nawet ich atomy rozpadają się wsku-

tek intensywnej temperatury. Mgławice są pod każdym względem nieodpowiednie. Nawet gdyby w ich łonie istniały chłodne ciała stałe, to byłyby one prawdopodobnie tak przejęte wysoce przenikliwą radjacją, że życie byłoby na nich niemożliwe. Wykazaliśmy już, że życie wymaga specjalnego rodzaju materji, która nie emanuje silnego światła i ciepła i nie przeobraża się w promieniowanie. Taką materję spotykamy tylko na powierzchni gwiazd, za gorących dla życia i w planetach, które zostały wyszarpnięte z tych powierzchni.

Podług danych kosmogonicznych, życie ogranicza się do niesłychanie drobnego zakątka wszechświata. Odpowiedź na niemowlęcą ciekawość ludzkości, czy istnieją jeszcze inne kołyski i inne niemowlęta brzmi zdaje się tak, że w najlepszym razie jest

tych kołysek bardzo niewiele i że niema sposobu dowiedzenia się, czy są one zajęte, czy też nie. Rozglądamy się i dostrzegamy wszechświat, składający się zasadniczo z materji, przeobrażającej się w promieniowanie i emanującej tyle światła, ciepła i wysoce przenikliwych promieni, że życie jest w tych warunkach niemożliwe. W rzadkich okolicznościach mogą powstać przypadkowo ciała podobne do naszej ziemi, złożonej ze specjalnych, chłodnych popiołów, które już nie promieniują. I dopiero na takich popiołach możliwe jest życie. Ale obecnie nie odnosimy wrażenia żeby zasadniczym celem natury miało być życie. Normalna gwiazda i normalna mgławica tyle tylko mają wspólnego z życiem, że je uniemożliwiają. Życie jest końcem łańcucha produktów ubocznych i wydaje się czemś przypadkowem, wobec czego

istotną rolę odgrywa niszczący dla tegoż życia zalew radjacji.

Fakt, że wszechświat jako całość jest, jak się zdaje, przeciwny życiu, kusi do wniosków dalekich i szerokich. Inne zupełnie różne wnioski mogą być wysnute z faktu wyposażenia naszej ziemi w warunki szczególnie sprzyjające życiu. Uważam, że najlepiej będzie nie zapędzać się ani w jedną stronę ani w drugą. Każdy dąb w lesie rodzi tysiące żołędzi, z których nieraz tylko jednej uda się wykiełkować i wyrość w drzewo. Taka wybrana żołądź, przyglądając się miljardom innym żołędzi, zgnieconych, zgniłych lub martwych, może rozumować, że las jest wrogo usposobiony dla dębów lub że tylko specjalna interwencja Opatrzności uchroniła go od losu towarzyszy. Musimy się wystrzegać obu tych typów pośpiesznego wnioskowania.

W każdym razie nasze trzydniowe niemowlę nie może za bardzo ufać swoim interpretacjom wszechświata, który odkryto zaledwie przed minutą. Powiedzieliśmy, że ma ono przed sobą 70 lat życia, ale prawdę mówiąc, cyfrę tę należałoby raczej powiększyć do 70.000. Pozorna bezsensowność i niezrozumiałość świata, który się nagle objawił jego oczom, może je zbijać z tropu, zdumiewać, smucić i gniewać, ale—jest jeszcze bardzo młode. Musiałoby może przeszukać połowę wszechświata zanimby znalazło drugie niemowlę. Tak samo młodociane i niedoświadczone jak ono. Ma jeszcze przed sobą dużo wolnego czasu i może zrozumie wszystko. Prędzej czy później poszczególne części łamigłówki zaczną się łączyć i uzupełniać, chociaż można racjonalnie wątpić, czy cały obraz może się stać kiedykolwiek zrozumiały dla malut-

kiej i, jak się zdaje, nic nie znaczącej cząstki tego obrazu. No, i nasuwa się ciągle stare zagadnienie, gdzie dziecko ma zdobyć pewność, że poprostu nie śni. Obraz widzialny może być tylko tworem jego własnego umysłu, w którym nic pozatem nie istnieje realnie. Wszechświat, który badamy tak uporczywie, może być tylko majaczeniem sennem, a my—komórkami uśpionego mózgu.

KONIEC